

© EPODOC / EPO

PN - JP10261094 A 19980929
PD - 1998-09-29
PR - JP19970063127 19970317
OPD - 1997-03-17
TI - METHOD AND DEVICE FOR PROCESSING IMAGE
IN - YUASA MAYUMI
PA - TOKYO SHIBAURA ELECTRIC CO
IC - G06T9/20

© WPI / DERWENT

TI - Image processing method for extracting outline of object in image - involves extracting object outline in image based on first-stage outline that is modified such that minimum total of characteristics of first-stage outline shape, image and outline variation can be obtained

PR - JP19970063127 19970317

PN - JP10261094 A 19980929 DW199849 G06T9/20 012pp

PA - (TOKE) TOSHIBA KK

IC - G06T9/20

AB - J10261094 The method involves indicating the candidate point of the outline of an object in an image. Several first-stage outline candidates are generated based on the indicated candidate point. A first-stage outline, which is to be utilised for outline extraction, is selected from the produced first-stage outline candidates.

- The selected first-stage outline is changed such that the total of the amount of shape characteristics of the first-stage outline, amount of characteristics of the image and variation of the first-stage outline will become minimum. The outline of the object in the image is extracted according to the modified first-stage outline.
- ADVANTAGE - Ensures easy setting of first-stage outline corresponding to actual outline during dynamic extraction of object outline from image, thus accurate and efficient outline extraction can be performed.
- (Dwg.1/13)

OPD - 1997-03-17

AN - 1998-578686 [49]

© PAJ / JPO

PN - JP10261094 A 19980929
PD - 1998-09-29

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- AP - JP19970063127 19970317
- IN - YUASA MAYUMI
- PA - TOSHIBA CORP
- TI - METHOD AND DEVICE FOR PROCESSING IMAGE
- AB - PROBLEM TO BE SOLVED: To enable an exact and efficient contour extraction, by setting an initial contour much closer to a contour in the case of dynamic contour extraction of an object in an image.
- SOLUTION: In an image display part2, an image inputted by an image input part 1 is displayed. In an initial contour candidate point setting part 3, initial contour candidate points concerning the image displayed on the image display part2 are inputted. In an initial contour candidate generating part 4, initial contour candidates are generated based on the coordinates of candidate points provided by the initial contour candidate point setting part3. In an initial contour selector part 5, the generated initial contour candidates are displayed and out of these initial contour candidates, any one candidate more optimum for a user is selected. In a contour extracting part 6, by deforming the initial contour so as to minimize the total sum of the feature amount (internal energy) of the form of this selected initial contour, the feature amount (image energy) of the image and the feature amount of the initial contour (external energy) applied at need, the contour of object in the image is extracted.
- I - G06T9/20

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-261094

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月29日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 6 T 9/20

G 0 6 F 15/70

3 3 5 Z

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平9-63127

(22) 出願日 平成9年(1997) 3月17日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 湯浅 真由美

大阪府大阪市北区大淀中1丁目1番30号

株式会社東芝関西支社内

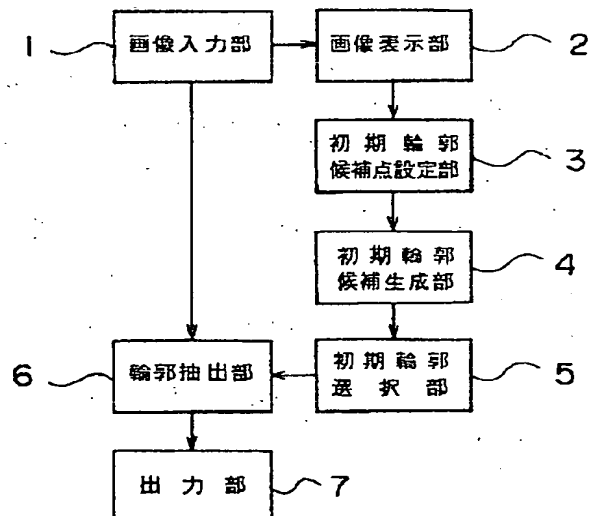
(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 (外6名)

(54) 【発明の名称】 画像処理方法および画像処理装置

(57) 【要約】

【課題】画像中の対象物の動的輪郭抽出の際に、より輪郭に近い初期輪郭の設定が容易に行え、正確で効率的な輪郭抽出が可能となる画像処理方法および画像処理装置を提供する。

【解決手段】画像中の対象物の輪郭の候補点が指示されると、その候補点に基づき複数の初期輪郭候補を生成し、この生成された複数の初期輪郭候補から輪郭抽出に利用する初期輪郭を選択し、この選択された初期輪郭を、輪郭形状を表わす内部エネルギーと画像の特徴を表わす画像エネルギーと必要に応じて与える外部エネルギーとの総和が最小になるように変形することにより前記画像中の対象物の輪郭を抽出する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像中の対象物の輪郭の候補点が指示されると、その候補点に基づき複数の初期輪郭候補を生成し、この生成された複数の初期輪郭候補から輪郭抽出に利用する初期輪郭を選択し、この選択された初期輪郭の形状の特徴量と前記画像の特徴量と必要に応じて与えられる前記初期輪郭の変化量との総和が最小になるように前記初期輪郭を変形することにより前記画像中の対象物の輪郭を抽出することを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】 画像中の対象物の輪郭の候補点が指示されると、その候補点に基づき複数の初期輪郭候補を生成し、この生成された複数の初期輪郭候補上あるいは初期輪郭候補内あるいは初期輪郭候補外の画像輝度あるいはエッジ強度に基づく特徴量を算出して、この特徴量に基づき前記複数の初期輪郭候補から輪郭抽出に利用する初期輪郭を選択し、この選択された初期輪郭の形状の特徴量と前記画像の特徴量と必要に応じて与えられる前記初期輪郭の変化量の総和が最小になるように前記初期輪郭を変形することにより前記画像中の対象物の輪郭を抽出することを特徴とする画像処理方法。

【請求項3】 前記候補点に基づき生成される複数の初期輪郭候補は1つまたは複数の連続的なパラメータで表現されることを特徴とする請求項1または2記載の画像処理方法。

【請求項4】 前記候補点を相互に連結した多角形から、前記候補点の座標を維持したまま、連結された線分上の各点が連続性を保ちながら外側に移動した閉輪郭を順次生成することにより複数の初期輪郭候補を生成することを特徴とする請求項1または2記載の画像処理方法。

【請求項5】 前記候補点に基づき生成された複数の初期輪郭候補を同時に、あるいは、所定時間間隔で前記画像と重ね合わせて表示し、この表示される複数の初期輪郭候補から任意の1つを選択することを特徴とする請求項1記載の画像処理方法。

【請求項6】 画像中の対象物の輪郭の候補点を指示する指示手段と、
この指示手段で指示された候補点に基づき複数の初期輪郭候補を生成する生成手段と、
この生成手段で生成された複数の初期輪郭候補から輪郭抽出に利用する初期輪郭を選択する選択手段と、
この選択手段で選択された初期輪郭の形状の特徴量と前記画像の特徴量と必要に応じて与えられる前記初期輪郭の変化量との総和が最小になるように前記初期輪郭を変形することにより前記画像中の対象物の輪郭を抽出する輪郭抽出手段と、
を具備したことを特徴とする画像処理装置。

【請求項7】 画像中の対象物の輪郭の候補点を指示する指示手段と、
この指示手段で指示された候補点に基づき複数の初期輪

郭候補を生成する生成手段と、

この生成手段で生成された複数の初期輪郭候補上あるいは初期輪郭候補内あるいは初期輪郭候補外の画像輝度あるいはエッジ強度に基づく特徴量を算出する算出手段と、

この算出手段で算出された特徴量に基づき前記複数の初期輪郭候補から輪郭抽出に利用する初期輪郭を選択する選択手段と、

この選択手段で選択された初期輪郭の形状の特徴量と前記画像の特徴量と必要に応じて与えられる前記初期輪郭の変化量との総和が最小になるように前記初期輪郭を変形することにより前記画像中の対象物の輪郭を抽出する輪郭抽出手段と、を具備したことを特徴とする画像処理装置。

【請求項8】 前記生成手段で生成される複数の初期輪郭候補は1つまたは複数の連続的なパラメータで表現されることを特徴とする請求項6または7記載の画像処理装置。

【請求項9】 前記生成手段は、前記候補点を相互に連結した多角形から、前記候補点の座標を維持したまま、連結された線分上の各点が連続性を保ちながら外側に移動した閉輪郭を順次生成することにより複数の初期輪郭候補を生成することを特徴とする請求項6または7記載の画像処理装置。

【請求項10】 前記生成手段で生成された複数の初期輪郭候補を同時に、あるいは、所定時間間隔で前記画像と重ね合わせて表示する表示手段を具備し、
前記選択手段は、この表示手段で表示される複数の初期輪郭候補から任意の1つを選択することを特徴とする請求項6記載の画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像中の対象物の輪郭を抽出する画像処理方法及びそれをを用いた画像処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、画像情報から物体の輪郭を抽出する方法としては、Snakes: Active Contour Models (M. Kass, et. al: Int. J. Computer Vision, 1, 321-331, 1988) が提案されている。この方法は、複数の離散点が有する弾性エネルギーと、画像エネルギーとの和を最小にするように離散点を移動させることにより、物体の輪郭を抽出する方法である。

【0003】具体的には図13に示すように、輪郭抽出の対象とする物体20の例えば外側に閉輪郭21を定義する。この閉輪郭21の弾性エネルギー E_{int} は次式(1)で表される。

【0004】

【数1】

$$E_{int} = \frac{1}{2} \left(\alpha \frac{d \mathbf{v}}{ds} + \beta \frac{d^2 \mathbf{v}}{ds^2} \right)$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{v}(x(s), y(s)) \quad \dots (1)$$

【0005】式(1)において、 α 、 β はそれぞれ弾性

$$E_{image} = - (G_{\sigma} \otimes |\nabla I(\mathbf{v})|)^2 \quad \dots (2)$$

ただし、 G_{σ} は標準偏差が σ のガウス関数を、 \otimes は畳み込み演算を、 $I(\mathbf{v})$

は $(x(s), y(s))$ における画像データを表す。

これらのエネルギーの総和を E_{all} とすると、次式
(3)のようになる。

$$E_{all} = \int (E_{int} + w_{image} E_{image}) ds \quad \dots (3)$$

【0008】ただし、 w_{image} は画像エネルギー E_{image} の重みである。この E_{all} が最小になるように、閉輪郭21を移動させることにより、対象物体20の輪郭を抽出する。

【0009】しかしながら、この方式では、輪郭の初期値が対象物の輪郭に十分近くなく、また、初期値の近傍に対象物の輪郭ではない間違ったエッジが存在する場合には、近くのエッジで止まってしまうという問題点があった。

【0010】特に、心臓部のMRI画像からの左室壁の輪郭を抽出することは、近年、虚血性心疾患による死亡者の増加等により、それらの疾患の診断のために、画像による心壁の動きの解析が行なわれるようになってきているため、非常に重要である。

【0011】心臓部のMRI画像から左室壁の輪郭を抽出する場合、心腔内のノイズなどの問題より、初期輪郭を適切に設定しないと高精度な輪郭抽出結果は得られないが、心臓断面の形には個人差があるため効果的な初期輪郭を少ない手間で作成することは困難である。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】このように、従来、動的輪郭モデルによる輪郭抽出方法には、初期輪郭の適切な設定が難しいという問題点があった。そこで、本発明は、このような問題点に鑑み、画像中の対象物の動的輪郭抽出の際に、より輪郭に近い初期輪郭の設定が容易に行え、正確で効率的な輪郭抽出が可能となる画像処理方法およびそれを用いた画像処理装置を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の画像処理方法は、画像中の対象物の輪郭の候補点が指示されると、その候補点に基づき複数の初期輪郭候補を生成し、この生

エネルギーの一次および二次の項の重みで、それぞれ閉輪郭21の収縮および滑らかさに関与している。 s は閉輪郭21上での座標である。また画像エネルギーとしては次式(2)の E_{image} のようなエッジなどの画像の特徴を表すものが用いられる。

【0006】

【数2】

【0007】

【数3】

成された複数の初期輪郭候補から輪郭抽出に利用する初期輪郭を選択し、この選択された初期輪郭の形状の特徴量(内部エネルギー)と前記画像の特徴量(画像エネルギー)と必要に応じて与えられる前記初期輪郭の変化量(外部エネルギー)との総和が最小になるように前記初期輪郭を変形することにより前記画像中の対象物の輪郭を抽出することにより、画像中の対象物の動的輪郭抽出の際に、より輪郭に近い初期輪郭の設定が容易に行え、正確で効率的な輪郭抽出が可能となる。

【0014】また、本発明の画像処理方法は、画像中の対象物の輪郭の候補点が指示されると、その候補点に基づき複数の初期輪郭候補を生成し、この生成された複数の初期輪郭候補上あるいは初期輪郭候補内あるいは初期輪郭候補外の画像輝度あるいはエッジ強度に基づく特徴量を算出して、この特徴量に基づき前記複数の初期輪郭候補から輪郭抽出に利用する初期輪郭を選択し、この選択された初期輪郭の形状の特徴量(内部エネルギー)と前記画像の特徴量(画像エネルギー)と必要に応じて与えられる前記初期輪郭の変化量(外部エネルギー)の総和が最小になるように前記初期輪郭を変形することにより前記画像中の対象物の輪郭を抽出することにより、画像中の対象物の動的輪郭抽出の際に、より輪郭に近い初期輪郭の設定が容易に行え、正確で効率的な輪郭抽出が可能となる。

【0015】本発明の画像処理装置は、画像中の対象物の輪郭の候補点を指示する指示手段と、この指示手段で指示された候補点に基づき複数の初期輪郭候補を生成する生成手段と、この生成手段で生成された複数の初期輪郭候補から輪郭抽出に利用する初期輪郭を選択する選択手段と、この選択手段で選択された初期輪郭の形状の特徴量(内部エネルギー)と前記画像の特徴量(画像エネルギー)と必要に応じて与えられる前記初期輪郭の変化

量（外部エネルギー）との総和が最小になるように前記初期輪郭を変形することにより前記画像中の対象物の輪郭を抽出する輪郭抽出手段と、を具備したことにより、画像中の対象物の動的輪郭抽出の際に、より輪郭に近い初期輪郭の設定が容易に行え、正確で効率的な輪郭抽出が可能となる。

【0016】また、本発明の画像処理装置は、画像中の対象物の輪郭の候補点を指示する指示手段と、この指示手段で指示された候補点に基づき複数の初期輪郭候補を生成する生成手段と、この生成手段で生成された複数の初期輪郭候補上あるいは初期輪郭候補内あるいは初期輪郭候補外の画像輝度あるいはエッジ強度に基づく特徴量を算出する算出手段と、この算出手段で算出された特徴量に基づき前記複数の初期輪郭候補から輪郭抽出に利用する初期輪郭を選択する選択手段と、この選択手段で選択された初期輪郭の形状の特徴量（内部エネルギー）と前記画像の特徴量（画像エネルギー）と必要に応じて与えられる前記初期輪郭の変化量（外部エネルギー）との総和が最小になるように前記初期輪郭を変形することにより前記画像中の対象物の輪郭を抽出する輪郭抽出手段と、を具備したことにより、画像中の対象物の動的輪郭抽出の際に、より輪郭に近い初期輪郭の設定が容易に行え、正確で効率的な輪郭抽出が可能となる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

（第1の実施形態）図1は本発明の第1の実施形態に係る画像処理装置の構成例を概略的に示したものである。

【0018】画像入力部1では処理対象の画像を入力するものである。画像表示部2では画像入力部1で入力された画像を表示するものである。初期輪郭候補点設定部3では、例えば、マウス、トラックボール、レバー、キーボードなどから構成され、画像表示部2で表示された

$$E_{all} = \sum_i (E_{int}(i) + w_{image}(i) E_{image}(i) + w_{ext}(i) E_{ext}(i)) \dots (4)$$

【0024】なお、式(4)において、 i は図4で表されるような複数の離散点の番号である。また、 $w_{image}(i)$ 、 $w_{ext}(i)$ は重み係数である。 $E_{int}(i)$ は初期輪郭の形状の特徴量を表す内部エネルギーであり、ここでは、弾性エネルギーであり、本実施形態では式(5)を用いる。

【0025】

【数5】

$$E_{int}(i) = \frac{1}{2} \{ \alpha(i) (\mathbf{v}_i - \mathbf{v}_{i-1})^2 + \beta(i) (\mathbf{v}_{i+1} - 2\mathbf{v}_i + \mathbf{v}_{i-1})^2 \} \dots (5)$$

画像に対する初期輪郭候補点を入力するもので、ここでは3点を入力するものとする。初期輪郭候補点の入力する際には、画像表示部2で表示された画像中に、その位置を直接指示するようにしてもよいし、座標値で入力するようにしてもよい。

【0019】初期輪郭候補生成部4では、初期輪郭候補点設定部3で得られた候補点の座標（この例では3点）を基に初期輪郭候補を生成する。ここで、初期輪郭候補生成部4の初期輪郭候補の生成方法について図2を参照して説明する。

【0020】図2において、初期輪郭候補点設定部3で入力された3点の初期輪郭候補点をA、B、Cとすると、点A、Bの中点とCを結ぶ直線11と点B、Cの中点とAを結ぶ直線12とをそれぞれ一定の長さで分割して $x_1 \sim x_3$ 、 $x_4 \sim x_6$ を得る。そして、 x_1 、 x_4 と点A、B、Cの5点、 x_2 、 x_5 と点A、B、Cの5点、 x_3 、 x_6 と点A、B、Cの5点をそれぞれ補間する曲線 r_1 、 r_2 、 r_3 を初期輪郭候補とする。

【0021】初期輪郭候補生成部4で生成される初期輪郭候補は、例えば、図4に示すように、複数のサンプル点（離散点）の座標値にて特定されるものである。初期輪郭選択部5では、生成された初期輪郭候補を同時、または一定の時間間隔で表示し、表示された初期輪郭候補のなかからユーザにより最適なものを1つ選択できるようになっている。

【0022】輪郭抽出部6の構成例を図3に示す。図3において、離散点移動部11では式(4)において E_{all} で表される全エネルギーが最小になるように、初期輪郭候補を特定する複数の離散点を移動させるようになっている。

【0023】

【数4】

【0026】ただし、ベクトル $\mathbf{V}_i = (x_i, y_i)$ は離散点の位置座標である。 $E_{image}(i)$ は処理対象の画像の特徴量を表す画像エネルギーであり、ここでは式(6)を用いる。

【0027】

【数6】

$$E_{\text{image}}(i) = -G_{\sigma} \otimes |I_{\text{edge}}(i)|^2 \quad \dots (6)$$

ただし、 $I_{\text{image}}(v_i)$ は v_i における画像データ、 G_{σ} は標準偏差 σ の

ガウス関数である。 \otimes は畳み込みを表す。

【0028】 $E_{\text{ext}}(i)$ は必要に応じて付加する外部エネルギーで、各離散点を移動して初期輪郭を変形する際の各離散点の位置の変化量であり、例えば、本実施形態では式(7)は離散点がある点 V_0 から遠ざけたり、 V_0 に近付けたりするエネルギーである。遠ざけるか近付けるかは係数 k の正負によって決まる。

【0029】

【数7】

$$E_{\text{ext}}(i) = k(v_i - v_0)^2 \quad \dots (7)$$

$$-a(x_{i-1} - 2x_i + x_{i+1})$$

$$+ \beta(x_{i-2} - 4x_{i-1} + 6x_i - 4x_{i+1} + x_{i+2}) + \frac{f(v_i)}{x} = 0$$

$$-a(y_{i-1} - 2y_i + y_{i+1})$$

$$+ \beta(y_{i-2} - 4y_{i-1} + 6y_i - 4y_{i+1} + y_{i+2}) + \frac{f(v_i)}{y} = 0$$

ただし、

$$f(v_i) = w_{\text{image}}(i) E_{\text{image}}(i) + w_{\text{ext}}(i) E_{\text{ext}}(i)$$

とする。

... (8)

今、 x 座標のみを考えるとすると、式(8)の連立方程式はベクトル表示で次式(9)のように表すことができる。

【0032】

【数9】

【0030】エネルギーの総和が最小となるような離散点の位置を求める解法として、変分法による方法を用いる。変分法によれば式(4)が最小となるためには式(8)のような連立方程式が成り立つことが必要である。

【0031】

【数8】

$$A x = f \quad \dots (9)$$

ただし、

$$A = \begin{pmatrix} c & b & a & & & a & b \\ b & c & b & a & & & a \\ a & b & c & b & a & & \\ & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \\ & & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \\ & & & a & b & c & b & a \\ & & & & a & b & c & b \\ & & & & & a & b & c \end{pmatrix}$$

$$a = \beta$$

$$b = -\alpha - 4\beta$$

$$c = 2\alpha + 6\beta$$

$$f_i = -f(v_i)$$

である。

この連立方程式をヤコビ法を用いて逐次近似法で解く。行列Aを次式(10)のように対角行列Dとそれ以外の部分Fに分ける。

【0033】

【数10】

$$A = D + F \quad \dots (10)$$

n回目の近似解を x^n とすると、n+1回目の近似解 x^{n+1} は、式(11)のようになる。

【0034】

【数11】

$$x^{n+1} = x^n + \gamma (D^{-1} (f - F x^n) - x^n) \quad \dots (11)$$

ただし、 γ は収束速度パラメータである。

【0035】離散点移動部8の構成例を図5に示す。図5において、画像エネルギー算出部13、外部エネルギー算出部14において、それぞれ式(4)における $E_{\text{image}}(i)$ 、 $E_{\text{ext}}(i)$ を算出する。

【0036】パラメータ記憶部16には各エネルギーの重み係数、式(11)における行列D、Fの要素の値、 γ 等が記憶されている。次座標算出部15では、式(11)を用いて各離散点の次座標を計算して、離散点を移動させるようになっている。

【0037】図3の輪郭抽出部6の構成の説明に戻る。離散点移動部11で離散点を移動させるごとに、収束判定部9で収束条件を満たすかどうかを判定し、収束条件を満たさない場合には再び離散点移動部11で離散点の移動を行ない、収束条件を満たすまで繰り返す。

【0038】収束条件としては、本実施形態では式(12)で表されるようなn回目の繰り返しでのエネルギーの変化量 ΔE_{all}^n がある一定値より小さくなったときとする。

【0039】

【数12】

$$\Delta E_{\text{all}}^n = |E_{\text{all}}^n - E_{\text{all}}^{n-1}| \quad \dots (12)$$

【0040】収束判定部9の一構成例を図6に示す。エネルギー算出部17において、式(4)の E_{all} を算出する。それをn回目の値 E_{all}^n として、記憶部18に記憶しておく。そしてエネルギー比較部19で、記憶部18にあらかじめ記憶しておいたn-1回目の値 E_{all}^{n-1} との差の絶対値 ΔE_{all}^n を求めて、それが一定量 ϵ より小さければ収束したと判定し、大きければ収束していないと判定する。

【0041】ここで、入力画像が動画であり、次の画像が存在するときには、原画像における輪郭抽出結果を初期輪郭として、同様に輪郭抽出を行なう。図1の画像処理装置の構成の説明に戻る。

【0042】出力部7では、輪郭抽出部6での輪郭抽出結果を、例えば、ディスプレイ装置に表示するものである。以上、説明したように、上記第1の実施形態によれば、初期輪郭候補点設定部3から画像中の対象物の輪郭の候補点が指示されると、初期輪郭候補生成部4でその候補点に基づき複数の初期輪郭候補を生成し、初期輪郭選択部5で、この生成された複数の初期輪郭候補から輪郭抽出に利用する初期輪郭を選択し(具体的には、複数の初期輪郭候補を同時に、あるいは、所定時間間隔で処理対象の画像と重ね合わせて表示し、この表示される複数の初期輪郭候補から任意の1つをユーザにより選択させる)、この選択された初期輪郭を、輪郭形状を表わす内部エネルギーと画像の特徴を表わす画像エネルギーと必要に応じて与える外部エネルギーとの総和が最小になるように変形することにより前記画像中の対象物の輪郭を抽出することにより、画像中の対象物の動的輪郭抽出の際に、より輪郭に近い初期輪郭の設定が容易に行え、正確で効率的な輪郭抽出が可能となる。

【0043】(第2の実施形態)次に、本発明の第2の実施形態について説明する。第2の実施形態に係る画像処理装置の構成は、図7に示すように、図1とはほぼ同様であり、初期輪郭選択部5で実行される処理動作が異なる。すなわち、第2の実施形態に係る初期輪郭選択部5では、生成された初期輪郭候補のそれぞれについて妥当性を検討し、もっとも妥当な初期輪郭候補を選択するようになっている。

【0044】初期輪郭選択部5の構成例を図8に示す。図8において、エッジ画像生成部8では、画像入力部1において入力された画像を基にエッジ画像を生成する。

【0045】エッジを生成する方法としては、画像輝度を $I(x, y)$ とした時、この勾配の絶対値を求め(式(13)参照)、この値があらかじめ設定されたしきい値より大きい場合にはその画素をエッジ点とすることにより、画像上の各画素がエッジ点であるか否かを決定できる。

【0046】

【数13】

 $I \nabla I(x, y)$

... (13)

【0047】このようにしてエッジ点であると判定された画素に対しては値「1」、エッジ点でない画素に対しては値「0」を与えることにより、エッジ画像を生成する。初期輪郭適正度算出部9においては、初期輪郭候補生成部4により生成された複数の輪郭候補のそれぞれについて、初期輪郭適正度を算出する。ここでは初期輪郭適正度として、初期輪郭候補上のエッジ点の数で定義する。

【0048】最適候補決定部10では、初期輪郭適正度算出部11において算出された適性度の値が最も大きいものを選択し、それを最適候補として、輪郭抽出部6へ輪郭のデータを渡す。

【0049】以上、説明したように、上記第2の実施形態によれば、初期輪郭候補点設定部3から画像中の対象物の輪郭の候補点が指示されると、初期輪郭候補生成部4でその候補点に基づき複数の初期輪郭候補を生成し、初期輪郭選択部5で、この生成された複数の初期輪郭候補上あるいは初期輪郭候補内あるいは初期輪郭候補外の前記画像の特徴量（画像輝度値あるいはエッジ強度に基づく値）を算出して、この特徴量に基づき前記複数の初期輪郭候補から輪郭抽出に利用する初期輪郭を選択し、輪郭抽出部6で、この選択された初期輪郭を、輪郭形状を表わす内部エネルギーと画像の特徴を表わす画像エネルギーと必要に応じて与える外部エネルギーとの総和が最小になるように変形することにより前記画像中の対象物の輪郭を抽出することにより、画像中の対象物の動的輪郭抽出の際に、より輪郭に近い初期輪郭の設定が容易に行え、正確で効率的な輪郭抽出が可能となる。

【0050】（第3の実施形態）本発明の第3の実施形態に係る画像処理装置の構成は、図9に示すように図1とほぼ同様であり、初期輪郭候補生成部4と、初期輪郭選択部5の処理動作が異なる。

【0051】初期輪郭候補生成部4では、初期輪郭候補点設定部3で得られた候補点の座標（ここでは、例えば3点A、B、C）を基に、初期輪郭候補を生成する。生成した初期輪郭候補の例を図10に示す。ここでは、候補点A、B、Cからなる各辺 $r11$ 、 $r12$ 、 $r13$ のそれぞれの中点を外側に垂直に一定距離移動した点 $y1 \sim y3$ 、 $y4 \sim y6$ 、 $y7 \sim y9$ を通る円弧をつないだものとした。

【0052】初期輪郭選択部5では、生成された初期輪郭候補を順次表示し、その輪郭抽出に使用すべき候補が現われたら、ユーザが初期輪郭候補の生成を中止するよう指示を行えるようになっている。

【0053】以上、説明したように、上記第3の実施形態では、初期輪郭候補点設定部3から指示された候補点

を相互に連結した多角形から、その候補点の座標を維持したまま、連結された線分上の各点が連続性を保ちながら外側に移動した閉輪郭を順次生成することにより複数の初期輪郭候補を生成する。これにより、処理対象の画像中の対象物の輪郭により近い初期輪郭の候補が生成できる。

【0054】（第4の実施形態）本発明の第4の実施形態に係る画像処理装置の構成は、図11に示すように、図1とほぼ同様で、初期輪郭候補生成部4と、初期輪郭選択部5の処理動作が異なる。

【0055】初期輪郭候補生成部4では、初期輪郭候補点設定部3で得られた候補点の座標（ここでは、例えば3点A、B、C）を基に初期輪郭候補を生成する。生成した初期輪郭候補の例を図10に示す。ここでは、候補点A、B、Cからなる各辺 $r11$ 、 $r12$ 、 $r13$ のそれぞれの中点を外側に垂直に一定距離移動した点 $y1 \sim y3$ 、 $y4 \sim y6$ 、 $y7 \sim y9$ を通る円弧をつないだものとした。

【0056】初期輪郭選択部5の構成図を図12に示す。なお、図12において、エッジ画像生成部8、初期輪郭適正度算出部9の処理動作は、第2の実施形態におけるもの（図8参照）とほぼ同様で最適候補決定部10の処理動作が異なる。

【0057】最適候補決定部10では、初期輪郭適正度算出部9において算出された適性度の値があらかじめ定められたしきい値より高いかどうかを判定し、高ければ、それを最適候補として、輪郭抽出部6へ輪郭のデータとして渡す。もし低ければ、初期輪郭候補生成部4で、次の候補を生成し、同様の処理を行なう。

【0058】上記第4の実施形態によれば、最適な初期輪郭候補が生成された時点で初期輪郭候補生成部4での処理を中止することにより、画像中の対象物の輪郭を抽出するまでの全体の処理の高速化が図れる。

【0059】なお、本発明は以上の第1～第4の実施形態に限定されるものではない。輪郭抽出部6の収束判定部12における収束条件としては、エネルギーの変化量による方法をあげたが、複数の離散点の移動量がある一定量より小さくなったとき、あるいはこのような条件で収束しない場合もあることを考慮して、繰り返しの回数で収束させる、すなわち、ある一定回数収束演算を行なったら収束したとみなすようにすることもできる。

【0060】また、エネルギー最小化の方法として、変分法による方法を使用した。他の方法、例えば動的計画法を用いても差し支えない。また、エッジ検出方法としては、グラディエント法を用いたが、他のエッジ検出方法を用いても差し支えない。例えば、ソーベルオペレータを用いる方法、グラディエントを求めた後、二値化する方法などが考えられる。

【0061】また、初期輪郭候補点として上記第1～第4の実施形態では3点の場合について示したが、それ以

上あるいはそれ以下であっても差し支えない。また、初期輪郭候補生成方法についても上記第1～第4の実施形態で示したもののみならず、いくつかの座標点から曲線を生成する方法であればどんな方法でもかまわない。補助サンプル点を用いる方法に関しても、補助サンプル点の設定方法は、それぞれの抽出したい対象物の性質を含有するものであれば、上記実施形態に示した方法に限らない。

【0062】また、第2、第4の実施形態において、初期輪郭候補選択方法として輪郭上のエッジ点の数によって輪郭適合度を定義したが、この方法に限るものではない。例えば、画像輝度そのものを利用し、対象物に含まれる可能性の高い画像輝度の輪郭内における割合を用いる方法などが考えられる。

【0063】また、第4の実施形態において、初期輪郭選択方法として、初期輪郭適応度が予め定められたしきい値より大きくなったときとしたが、これをある一定のしきい値を越えた後、次にこのしきい値を下回る直前の候補を選択してもよい。

【0064】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、画像中の対象物の動的輪郭抽出の際に、より輪郭に近い初期輪郭の設定が容易に行え、正確で効率的な輪郭抽出が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態（第1～第4の実施形態）に係る画像処理装置の構成例を概略的に示した図。

【図2】第1の実施形態に係る初期輪郭候補候補生成部で生成される初期輪郭候補の具体例を示した図。

【図3】輪郭抽出部の構成例を概略的に示した図。

【図4】初期輪郭候補生成部で生成された初期輪郭候補を複数の離散点で表現する場合の具体例を示した図。

【図5】図3の輪郭抽出部を構成する離散点移動部の構成例を概略的に示した図。

【図6】図3の輪郭抽出部を構成する収束判定部の構成例を概略的に示した図。

【図7】本発明の第2の実施形態に係る画像処理装置の

構成例を概略的に示した図。

【図8】図7の画像処理装置の初期輪郭選択部の構成例を概略的に示した図。

【図9】本発明の第3の実施形態に係る画像処理装置の構成例を概略的に示した図。

【図10】初期輪郭候補生成部で生成される初期輪郭候補の具体例を示した図。

【図11】本発明の第4の実施形態に係る画像処理装置の構成例を概略的に示した図。

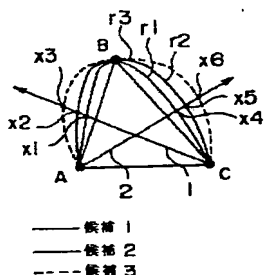
【図12】図11の画像処理装置の初期輪郭選択部の構成例を概略的に示した図。

【図13】従来の輪郭抽出処理について説明するための図で、輪郭抽出の対象となる物体の外側に閉輪郭を定義して初期値としていた場合を示している。

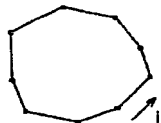
【符号の説明】

- 1…画像入力部
- 2…画像表示部
- 3…初期輪郭候補点設定部
- 4…初期輪郭候補生成部
- 5…初期輪郭選択部
- 6…輪郭抽出部
- 7…出力部
- 8…エッジ画像生成部
- 9…初期輪郭適正度算出部
- 10…最適候補決定部
- 11…離散点移動部
- 12…収束判定部
- 13…画像エネルギー算出部
- 14…外部エネルギー算出部
- 15…次座標算出部
- 16…記憶部
- 17…エネルギー算出部
- 18…記憶部
- 19…エネルギー比較部
- 20…輪郭抽出の対象となる物体
- 21…閉輪郭

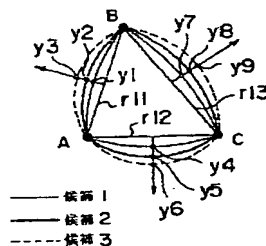
【図2】



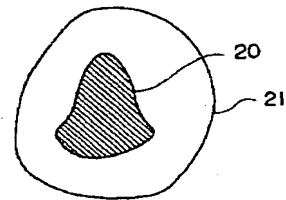
【図4】



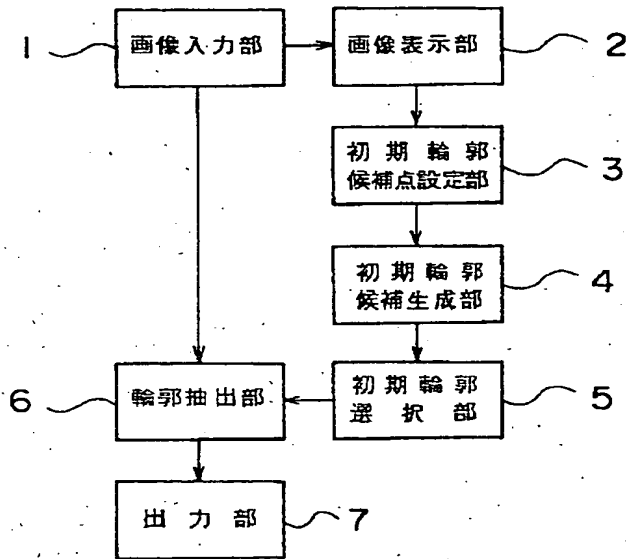
【図10】



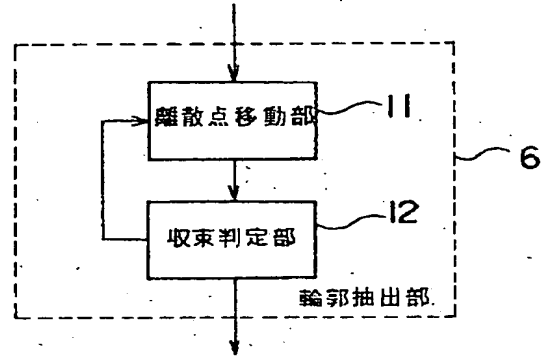
【図13】



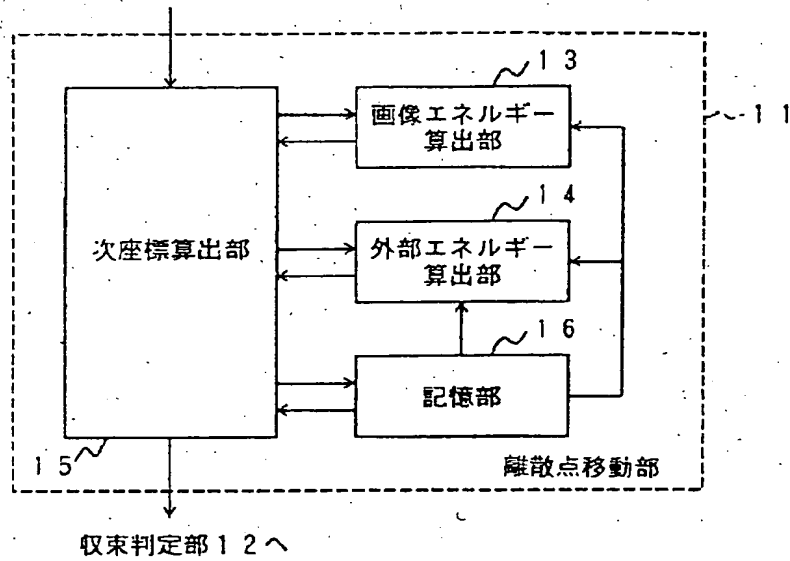
【図1】



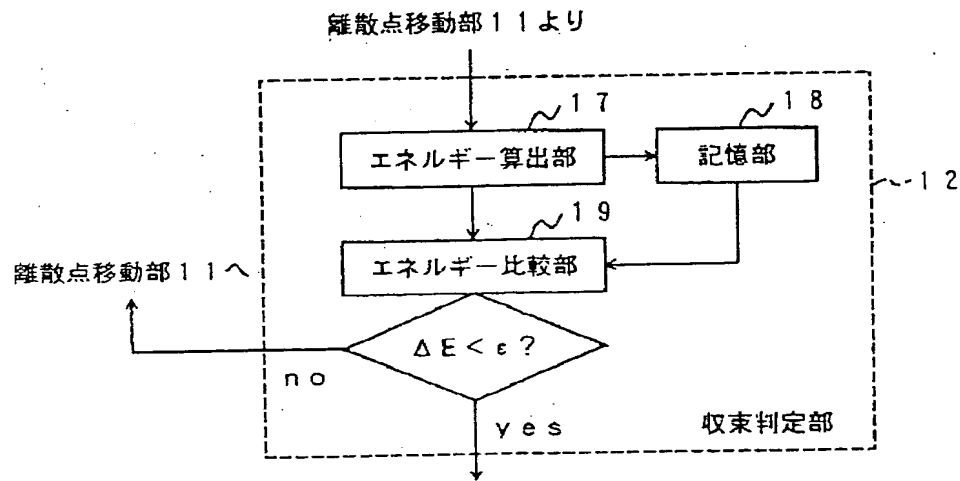
【図3】



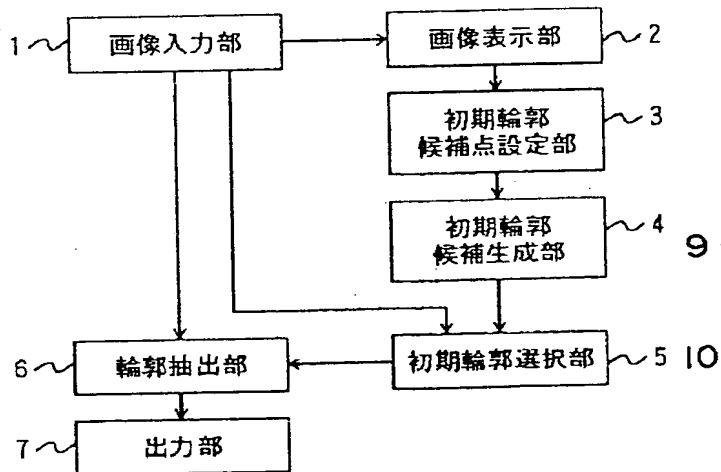
【図5】



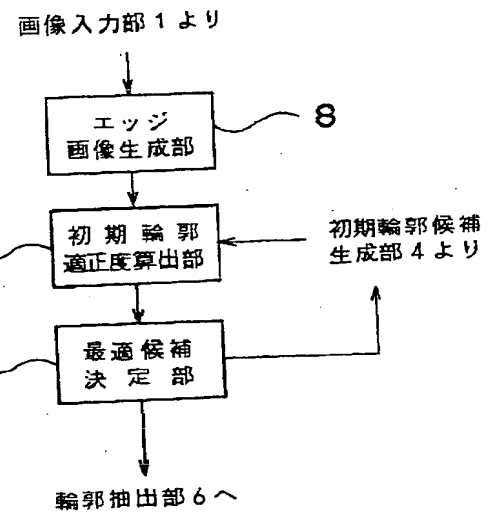
【図6】



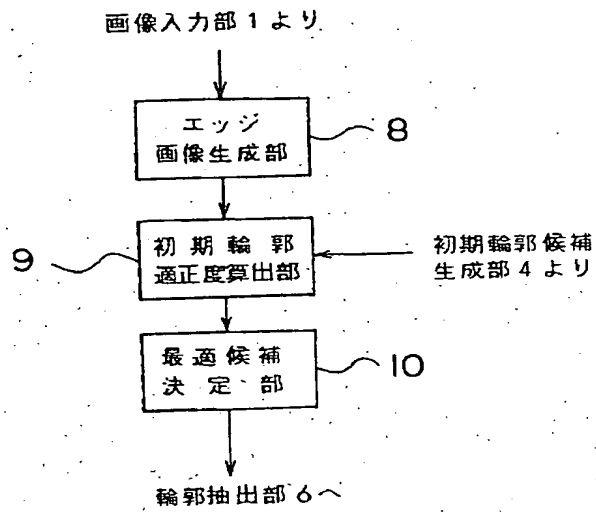
【図7】



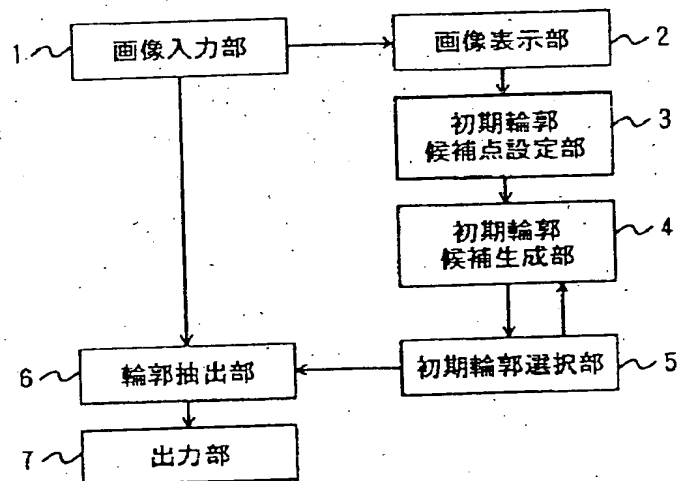
【図12】



【図8】



【図9】



【図11】

